

(IV-82) パネル系内装板の長期耐久性に関する検討

日本道路公団 試験研究所 正会員 伊藤 哲男
日本道路公団 試験研究所 正会員 赤木 渉

1. はじめに

日本道路公団のトンネル内装工については、設計要領の改訂(H9.10)により、新設トンネルでは長期の耐久性や経済性の観点から、タイル直張りが標準工法となっている。一方で、従来から用いられて来た、石棉板やホーロー板のようなパネル系内装板(以下、“内装板”という。)は最近では直張り施工としているものもあるが、古いトンネルでは胴縁金具等を介して浮かし張りとなっているものがほとんどである。これらの内装板は、全内装工の3分の2の面積を占めており、老朽化を原因とする内装板の取り替え時においては、交通規制や施工法の制約から、再び内装板が施工される場合がほとんどである。しかしながら、現段階では、これら内装板の表面物性値の変化と長期耐久性の関連性が定量的に把握されていない。本論文は、供用下のトンネルにおける5年間の暴露試験データを取りまとめることにより、内装板の長期耐久性に関する指標を定量的に評価するものである。

2. 暴露試験の概要

暴露試験の場所は、中央自動車道笹子トンネルの下り線走行側の壁面であり、各メーカー3枚の内装板(縦 242cm×横 121cm)を1枚ずつ3ブロックに分けて計45枚設置した。試験用の内装板は、日本道路公団での使用実績に係らず製品化されているものを15社から1枚ずつ選んでいる(表-1)。なお、表-2に示す測定項目を、平成7年2月27日の設置以来12回実施している。

3. 調査結果

3-1. 拡散反射率

図-1に各回の清掃後の拡散反射率の経時変化を示す。図-1において、拡散反射率の値が経時的に低下しておらず各測定時に増減しているのは、時期ごとの清掃頻度の違い(年平均は6回)、季節や交通量による汚れ方の違い等が考えられる。図-1より、200日程度で拡散反射率75%を境に優劣が付き、それ以降は拡散反射率の低下が見られる製品とそうでない製品(⑤, ②, ①, ⑥, ⑩)とに大別できることが分かる。拡散反射率の5年間分のおおまかな推移は、前者は下がりぎみで、後者は横ばいの傾向であるので、上記の優劣は今後変化しないものと思われる。なお、前述の定期的な清掃を行っても、5年後(経過1,834日)において規定の60%を下回っている製品が6つある(⑪, ⑬, ⑦, ⑮, ⑭, ④)。

3-2. 接触角

図-2に回復率と接触角とのおおのの初期、2,3,5年後の経時変化について示す。ここで回復率(%)とは、[清掃後の拡散反射率]÷[初期の拡散反射率]で求められる。図-2よりわかることを下記に示す。
(1) 図-1の拡散反射率の上位グループの製品(⑤, ②, ①, ⑥, ⑩)は、回復率においても85%以上の高い値を保っており、比較的劣化していないと言える。

表-1 試験用内装板一覧

	品 質	基 盤 材
①ホーロー板A	ホーロー層	溶融亜鉛5%Zn-ニウム合金鋼板
②ホーロー板B	ホーロー層	アルミニウム亜鉛合金カチ鋼板
③ステンレス板A	無機質塗料焼付乾燥型	ステンレス板SUS304
④塗装鉄板	セラミックスラット処理焼付乾燥型	鋼板
⑤ステンレス板B	有機塗料電子線照射硬化型	ステンレス板SUS304
⑥ステンレス板C	有機塗料焼付乾燥型	ステンレス板SUS304
⑦ステンレス板D	ポリイミド樹脂系焼付乾燥型	ステンレス板SUS304
⑧ステンレス板E	アクリル樹脂系有機焼付乾燥型	ステンレス板SUS304
⑨ステンレス板F	無機質塗料焼付乾燥型	ステンレス板SUS304
⑩石綿板A	釉薬等焼付	石綿板
⑪石綿板B	セラミック系焼付乾燥型	石綿板
⑫石綿板C	シリコン系無機質焼付乾燥型	石綿板
⑬石綿板D	ガンマ線無機質焼付乾燥型	石綿板
⑭その他A	ポリイミド樹脂系焼付型	炭酸カルシウム板-アルミ板
⑮その他B	加熱硬化型アクリル樹脂	ガラス繊維入り水酸化アルミニウム板

表-2 測定項目

測定項目	測定方法	測定時期	242×121cm	30×30cm
目視観察	—	清掃前・後	○	—
拡散反射率(45°/0°)	JIS K 5400	清掃前・後	○	○
色彩色差	JIS K 5400	清掃後	○	○
接触角度	JIS K 2396	清掃後	—	○
表面粗さ	JIS B 0601	清掃後	—	○
鉛筆硬度	JIS K 5400	清掃後	—	○

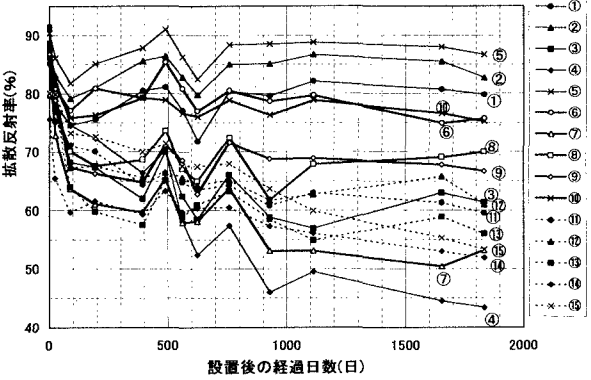


図-1 拡散反射率(清掃後)の経時変化

- (2) 接触角の経年変化については、大半の製品が小さくなっているが、例外の製品もある(①、②、⑪、⑫)。
- (3) 接触角が初期の段階から 60～70° 程度以上と比較的大きい製品は、経年変化で接触角が小さくなるが回復率の低下が著しく、逆に接触角が初期の段階から 30～60° 程度の製品は、高い回復率を保っている(例外⑫)。
- (4) 回復率が高い製品は、接触角の変化が比較的小さく、30～50° 程度となっている。

3-3. 表面粗さ

図-3に回復率と表面粗さとのおのおのの初期、2、3、5年後の経時変化について示す。図-3 よりわかることを下記に示す。

- (1) 多くの製品において5年間で表面粗さが大きく変化したのは少なく、製品的には 1.0 μm 辺りを境に二分できる。
- (2) 回復率の高い上位グループの製品(⑤、②、①、⑥、⑩)は、⑩を除いて表面粗さの値が 0.15～0.41 μm という狭い範囲に入っており、それぞれの変化の幅も非常に小さい。
- (3) 表面粗さの初期値に着目すると製品⑨、⑭も(2)の現象に属するが、回復率の低下が著しい。

3-4. 鉛筆硬度

鉛筆硬度は、塗膜の硬さを鉛筆(6B～9H)の引っかきによる塗膜の破れや傷の度合いで評価するものである。図-4に製品ごとの鉛筆硬度の経年変化について示す。図-4 よりわかることを下記に示す。

- (1) 軟らかいものでも 4 H 以上となっており、洗浄ブラシの硬度(2 H～3 H)よりも硬い。しかし、内装板への付着物の中にガラス質のような硬い粒子の汚染物が含まれていることから、塗膜に微細な傷が発生し、塗膜の劣化や汚染の進行が考えられる。
- (2) 鉛筆硬度の経年変化の傾向は、製品により様々であるが、回復率の高い製品(⑤、②、①、⑩)は、5年間とも 9 H 以上の結果となっている。製品⑥も回復率の高い製品であるが、鉛筆硬度は 5 H～7 H 程度とそれほど高いものではない。また、製品⑪、⑫は、5年間とも 9 H 以上の硬度であるが回復率が低い。これは、鉛筆硬度以外の要因で洗浄回復性に優れていないものと思われる。

4. まとめと今後の課題

内装板の表面特性の経年変化に着目し、接触角度、表面粗さ、鉛筆硬度について、暴露試験結果を比較してみた。その結果、洗浄回復性が高く、長期的に耐久性があると判断できる製品に限定される条件は、下記のようなものである。

- (1) 接触角度の初期値は、30～60° 程度。
- (2) 表面粗さの初期値は、0.15～0.40 μm 程度で、経年変化のごく少ないもの。
- (3) 鉛筆硬度の初期値は、9 H 以上で、その硬度を維持するもの。

上記の条件を全て満足する場合は、製品性能を維持できると確認されたが、一部を欠く場合でも良好な結果となっている製品もある。

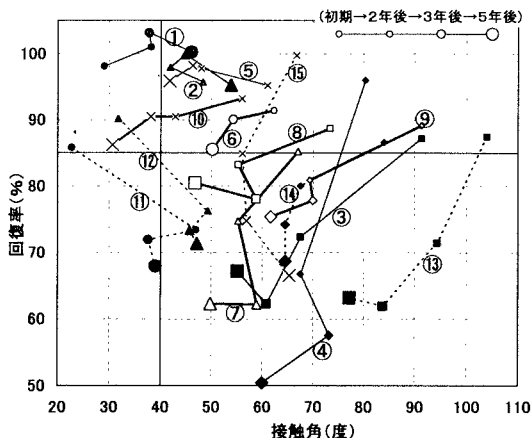


図-2 回復率と接触角の経時変化

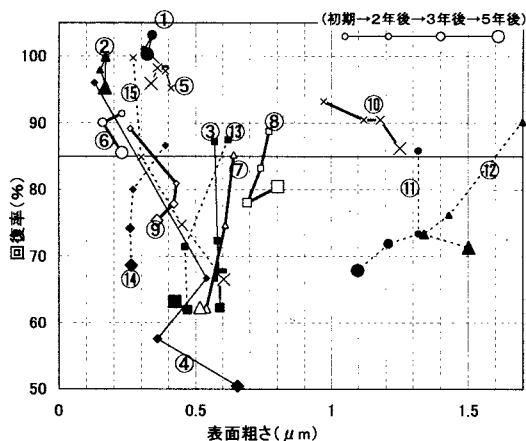


図-3 回復率と表面粗さの経時変化

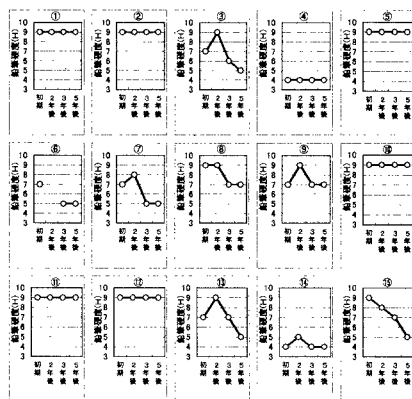


図-4 製品ごとの鉛筆硬度の経年変化